

(19) Japanese National Patent Office (JP)

(12) Patent Gazette (B2)

(11) Patent No. **2722987**

(45) Date of issue: 9th March 1998

(24) Date of registration: 28th November 1997

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	Reference code	File Nos. in the Government Office	FI	Relevant sections
F01N 3/02	321		F01N 3/02	321D
	301			301G
				301L
3/08			3/08	G

Number of claims: 1 (total 9 pages)

(21) Application No. 5-92849

(22) Date of application: 20th April 1993

(65) "Early Disclosure" No. 6-159037

(43) Date of early disclosure: 7th June 1994

(31) Priority Claim No. 4-258510

(32) Priority date: 28th September 1992

(33) Country of priority claim: Japan (JP)

(73) Patentee 000003207

Toyota Car Co. Ltd., Japan

(72) Inventors: S. Hirota, et al.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(74) Agent: Patent Agent S. Ui (4 other names)

Examiner: Yamamoto

(continued on last page):

[ (56) References cited:

Patent Early Disclosure (1991) 3-135417 (JP, A)

Patent Early Disclosure (1988) 62-106826 (JP, A)

Utility Model Early Disclosure (1992) 4-87332 (JP, U) ]

(54) Title of the invention

**A device for purifying IC engine exhaust**

**(57) CLAIMS**

**Claim 1.** A device for purifying the exhaust of an internal combustion engine, characterized in that, in an exhaust cleaning device, when the inflowing exhaust has a lean air-fuel ratio, as the NO<sub>x</sub> is absorbed and the oxygen concentration of the inflowing exhaust is lowered, an NO<sub>x</sub>-discharging NO<sub>x</sub> absorbent is fitted in the exhaust line of a diesel engine so that the NO<sub>x</sub> in the exhaust is absorbed, then a reducing agent is supplied to the aforesaid NO<sub>x</sub> absorbent for discharging the absorbed NO<sub>x</sub> from the said NO<sub>x</sub> absorbent, to provide reduction-purification of the discharged NO<sub>x</sub>; a particulates filter for trapping the said NO<sub>x</sub> absorbent and the particulates in the exhaust is fitted in a position where mutual heat transfer is possible, a reducing agent is supplied to the aforesaid NO<sub>x</sub> absorbent, and after discharge and reduction-purification of the aforesaid NO<sub>x</sub>, the particulates that have been collected in the said particulates filter are burnt.

## **Detailed explanation of the invention**

[0001]

### **Areas of industrial application**

The present invention relates to a device for purifying the exhaust gases from internal combustion engines, and specifically it relates to an exhaust purifying device for purifying the NO<sub>x</sub> components contained in the exhaust gases of diesel engines and for collecting microparticles in exhaust gases.

[0002]

### **Prior art**

Specification (patent early disclosure) No. 62-106826 (Patent Gazette, 1988) discloses a device for purifying IC engine exhaust in which an NO<sub>x</sub> absorbent is placed in the exhaust line of a diesel engine, in the case of a lean air-fuel ratio of the exhaust gas for absorbing NO<sub>x</sub> and discharging the absorbed NO<sub>x</sub> with a lowering of the oxygen concentration in the exhaust gas, the NO<sub>x</sub> in the exhaust gas being absorbed in the said NO<sub>x</sub> absorbent, and when the absorption efficiency of the NO<sub>x</sub> absorbent decreases, it cuts off the inflow of exhaust gas and a reducing agent is supplied to the NO<sub>x</sub> absorbent, to remove the absorbed NO<sub>x</sub> from the NO<sub>x</sub> absorbent, together with reduction-purification of the NO<sub>x</sub> that is discharged.

[0003] Moreover, to prevent the discharge to atmosphere of the large quantities of exhaust microparticles (particulates) contained in diesel engine exhaust, fitting of a particulates filter in the exhaust line of diesel engines, for trapping the exhaust particulates, is known.

[0004]

### **The problem to be solved by the invention**

When the amount of particulates collected in the particulates filter increases, because the flow resistance of the exhaust through the particulates filter increases, the engine exhaust resistance increases, causing a drop in engine output and increasing the fuel consumption. In order to prevent this, the particulates filter must be regenerated by periodically burning the particulates that have been collected in the said filter. However, there is the problem that it is necessary to raise the temperature to heat the particulates filter up to a temperature at which the particulates that have been collected can be ignited

and burnt, using electric heaters, burners etc., but for this a large amount of energy must be supplied from outside.

[0005] In consideration of the above problems, the aim of the present invention is to offer a means of regenerating a particulates filter that requires less energy to be supplied from outside, and in which the accumulated particulates are ignited easily.

[0006]

#### **The means whereby the problem is solved**

The present invention proposes a device for purifying the exhaust of an internal combustion engine, characterized in that, in an exhaust cleaning device, when the inflowing exhaust has a lean air-fuel ratio, as the  $\text{NO}_x$  is absorbed and the oxygen concentration of the inflowing exhaust is lowered, an  $\text{NO}_x$ -discharging  $\text{NO}_x$  absorbent is fitted in the exhaust line of a diesel engine so that the  $\text{NO}_x$  in the exhaust is absorbed, then a reducing agent is supplied to the aforesaid  $\text{NO}_x$  absorbent for discharging the absorbed  $\text{NO}_x$  from the said  $\text{NO}_x$  absorbent, to provide reduction-purification of the discharged  $\text{NO}_x$ ; a particulates filter for trapping the said  $\text{NO}_x$  absorbent and the microscopic particles (particulates) in the exhaust is fitted in a position where mutual heat transfer is possible, a reducing agent is supplied to the aforesaid  $\text{NO}_x$  absorbent, and after discharge and reduction-purification of the aforesaid  $\text{NO}_x$ , the particulates that have been collected in the said particulates filter are burnt.

[0007]

#### **Mode of action**

When the reducing agent is supplied to the  $\text{NO}_x$  absorbent, and the reducing agent is burnt on the  $\text{NO}_x$  absorbent, in order to lower the oxygen concentration in the surroundings of the  $\text{NO}_x$  absorbent,  $\text{NO}_x$  is discharged from the  $\text{NO}_x$  absorbent and is reduced and purified by the reducing agent. During this, the temperature of the  $\text{NO}_x$  absorbent is raised as a result of combustion of the reducing agent. Because the particulates filter is fitted in a position where mutual heat transfer with the  $\text{NO}_x$  absorbent is possible, at this time the particulates filter receives the heat of the  $\text{NO}_x$  absorbent and its temperature rises. Accordingly, during regeneration of the particulates filter, the particulates filter reaches a sufficient temperature, and the particulates are ignited and burnt easily without supplying a large amount of energy from outside.

[0008]

### **Examples of application**

Fig. 1 shows a first example of application of the present invention. Fig. 1 shows a diesel engine 2, intake line 4 and exhaust line 6. An intake throttle valve 8 is provided in intake line 4, and normally this intake throttle valve 8 is fully open, but as stated below, during regeneration of the NO<sub>x</sub> absorbent this valve is closed, the flow of intake air of engine 2 is throttled and the flow of exhaust onto the NO<sub>x</sub> absorbent decreases. As a result, because the oxygen in the exhaust is consumed and the oxygen concentration in the surroundings of the NO<sub>x</sub> absorbent decreases, a smaller amount of reducing agent is required. In the diagram, 16 shows the solenoid that drives the intake throttle valve 8 – a negative-pressure actuator or some other type of actuator.

[0009] The particulates filter 10 is positioned about midway along exhaust line 6. 12 is a device for supplying the reducing agent in exhaust line 6 on the upstream side of particulates filter 10. In the present example of application, the fuel of diesel engine 2 is employed as the reducing agent, and the device 12 supplying the reducing agent is equipped with a nozzle for injecting fuel supplied from the engine fuel system as a spray into exhaust line 6.

[0010] An exhaust temperature sensor 14 is fitted in exhaust line 6 between particulates filter 10 and the reducing-agent supply device 12. The detected signal from this exhaust temperature sensor 14 provides the input for an electronic control unit (ECU) 30. The ECU 30 consists of a CPU (central processing unit), RAM (random access memory), ROM (read only memory) and input/output ports, connected by a bidirectional bus as a digital computer of a type that is common knowledge, and performs fundamental engine control, such as control of fuel injection quantity, and in addition, in the present example of application, it also controls regeneration of the NO<sub>x</sub> absorbent, burning of particulates etc. In order to achieve this, ECU 30 controls actuator 16 driving intake throttle valve 8, and the reducing-agent supply device 12 by regulating the opening and closing of intake throttle valve 8 and the supply from reducing-agent supply device 12.

[0011] Fig. 2 shows an enlarged cross-section of particulates filter 10. Referring to Fig. 2, particulates filter 10 consists of porous ceramic, and the exhaust gas flows from left to right in the diagram, as indicated by the arrows. In particulates filter 10, a first line

22 with a plug 18 on the upstream side and a second line 24 with a plug 20 on the downstream side form a honeycomb arrangement. The exhaust gas flow is directed from left to right in the diagram, and the exhaust gas flows to the downstream side from the second line 24, via the porous-ceramic channel wall and into the first line 22. During this, the particulates in the exhaust gas are trapped by the porous ceramic, preventing the discharge of particulates into the atmosphere.

[0012] The  $\text{NO}_x$  absorbent is supported on the wall surface of the first and second passages 22 and 24.  $\text{NO}_x$  absorbent 26 consists of, for example, at least one selected from alkali metals such as potassium K, sodium Na, lithium Li and caesium Cs, alkaline-earth metals such as barium Ba and calcium Ca, rare-earth elements such as lanthanum La and yttrium Y on the one hand, and a precious metal such as platinum Pt. With a lean air-fuel ratio of the inflowing exhaust gas, the  $\text{NO}_x$  absorbent 26 absorbs  $\text{NO}_x$ , the oxygen concentration in the inflowing exhaust gas decreases and there is outgassing of the absorbed  $\text{NO}_x$  so that it is discharged.

[0013] If the aforesaid  $\text{NO}_x$  absorbent 26 is arranged in the engine exhaust line, this  $\text{NO}_x$  absorbent will in practice perform an  $\text{NO}_x$  outgassing action, though some aspects of the detailed mechanism of this outgassing action are still unclear. Nevertheless, it is considered that this outgassing action takes place by a mechanism such as that shown in Fig. 3. The explanation given below takes the case of supported platinum Pt and barium Ba as an example, but the mechanism is similar when using other precious metals, alkali metals, alkaline-earth metals and rare-earth elements.

[0014] Thus, the inflowing exhaust gas becomes relatively lean and the oxygen concentration in the inflowing exhaust gas increases sharply; this oxygen  $\text{O}_2$  adheres in the  $\text{O}_2^-$  or  $\text{O}^{2-}$  form to the surface of the platinum Pt. The NO in the inflowing exhaust gas reacts with the  $\text{O}_2^-$  or  $\text{O}^{2-}$  on the surface of the platinum, forming  $\text{NO}_2$  ( $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$ ). Then some of the  $\text{NO}_2$  that has formed is oxidized further on the platinum Pt, combining with the barium oxide BaO absorbed in  $\text{NO}_x$  absorbent 26, and diffuses in the form of the nitrate ion  $\text{NO}_3^-$  in  $\text{NO}_x$  absorbent 26, as shown in Fig. 3(A). In this way,  $\text{NO}_x$  is absorbed in the  $\text{NO}_x$  absorbent 26.

[0015]  $\text{NO}_2$  is formed on the platinum surface for as long as there is a high oxygen concentration in the inflowing exhaust gas, and  $\text{NO}_2$  is absorbed in  $\text{NO}_x$  absorbent 26 for

as long as the  $\text{NO}_x$  absorption capacity of the  $\text{NO}_x$  absorbent 26 is not saturated, and there is formation of nitrate ion  $\text{NO}_3^-$ . Conversely, if the oxygen concentration in the inflowing exhaust gas decreases and the amount of  $\text{NO}_2$  formed decreases, the reaction is reversed ( $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2$ ), so that the nitrate ion  $\text{NO}_3^-$  in  $\text{NO}_x$  absorbent 26 is discharged in the form of  $\text{NO}_2$  from the absorbent. Thus, if the oxygen concentration in the inflowing exhaust gas decreases,  $\text{NO}_x$  is discharged from  $\text{NO}_x$  absorbent 26. If the "leanness" of the inflowing exhaust gas decreases, the oxygen concentration in the inflowing exhaust gas decreases, accordingly if the leanness of the inflowing exhaust gas is made to decrease,  $\text{NO}_x$  will be discharged from  $\text{NO}_x$  absorbent 26.

[0016] Moreover, if the air-fuel ratio of the inflowing exhaust gas is now made rich, HC and CO are oxidized by reacting with the oxygen  $\text{O}_2$  or  $\text{O}^{2-}$  on the platinum Pt. Furthermore, if the air-fuel ratio of the inflowing exhaust gas is made rich, the oxygen concentration in the inflowing exhaust gas will decrease to a maximum extent and therefore  $\text{NO}_2$  will be discharged from  $\text{NO}_x$  absorbent 26; this  $\text{NO}_2$  reacts with unburnt HC and CO, resulting in reduction-purification, as shown in Fig. 3 (B). In this way,  $\text{NO}_2$  disappears from the surface of the platinum Pt and  $\text{NO}_2$  is in turn discharged from  $\text{NO}_x$  absorbent 26. Accordingly, with a rich air-fuel ratio of the inflowing exhaust gas,  $\text{NO}_x$  is discharged from  $\text{NO}_x$  absorbent 26 in a short time, effecting reduction-purification.

[0017] In the present example of application, because a diesel engine is employed, the exhaust air-fuel ratio is lean during normal operation, and the  $\text{NO}_x$  absorbent 26 absorbs the  $\text{NO}_x$  in the exhaust. Furthermore, if a reducing agent is supplied in exhaust line 6 on the upstream side of particulates filter 10, the air-fuel ratio of the exhaust gas passing through particulates filter 10 becomes rich, resulting in discharge and reduction of the aforementioned  $\text{NO}_x$  from  $\text{NO}_x$  absorbent 26.

[0018] Here, the air-fuel ratio of the exhaust is the ratio of the air and fuel supplied to the exhaust line 6 on the upstream side of  $\text{NO}_x$  absorbent 26 and to the engine combustion chamber or the intake line. Therefore if air and reducing agent are not supplied to exhaust line 6, the exhaust air-fuel ratio becomes equal to the air-fuel ratio with the engine running (the combustion air-fuel ratio in the engine combustion chamber). Moreover, the reducing agent used in the present invention can often be hydrocarbons and carbon monoxide and similar reducing components that occur in the

exhaust, though it is possible to use gases such as hydrogen and carbon monoxide, liquid or gaseous hydrocarbons such as propane, propylene, butane etc., or liquid fuels such as gasoline, light fuel oil, kerosene etc., but in the present example of application, in order to avoid complications with storage and replenishment, as already mentioned, the light fuel oil that is the fuel of diesel engine 2 is employed as the reducing agent.

[0019] Referring now to Fig. 4, the mechanism of this example of application will be explained. Fig. 4 is a flowchart showing the routine for controlling regeneration of the  $\text{NO}_x$  absorbent 26 and for burning the particulates that have been trapped in particulates filter 10. This routine is executed by ECU 30 on the basis of interrupts at fixed time intervals. Referring to Fig. 4, firstly, at step 40, a decision is made as to whether the conditions are fulfilled for executing discharge of the aforesaid  $\text{NO}_x$  from  $\text{NO}_x$  absorbent 26 and for executing the operation of reduction-purification (called the "regeneration operation" hereinafter). The condition for starting regeneration of the  $\text{NO}_x$  absorbent is, for example, a period of deceleration, the  $\text{NO}_x$  absorbent 26 is above the activation temperature, or more than a stipulated period of time has elapsed since the previous regeneration was carried out. If it is decided that the condition for starting regeneration of the  $\text{NO}_x$  absorbent is not fulfilled, moving to step 42, intake throttle valve 8 is opened, and at step 44, supply of fuel from reducing-agent supply device 12 is inhibited.

[0020] Then, at step 40, when conditions have been established for starting regeneration of the  $\text{NO}_x$  absorbent, moving on to step 46, a decision is made as to whether or not the elapsed time  $T$  since establishment of the conditions for commencement of regeneration of the  $\text{NO}_x$  absorbent is less than a predetermined first time interval  $T_1$ . The first time interval  $T_1$  is the time necessary for regenerating the  $\text{NO}_x$  absorbent 26. If  $T < T_1$ , it advances to step 48 and intake throttle valve 8 is closed. As a result, the amount of air flowing into particulates filter 10 is reduced. Next, at step 50, fuel is supplied from the reducing-agent supply device 12. The fuel supplied burns because of the catalytic action of  $\text{NO}_x$  absorbent 26 and oxygen in the exhaust gas is consumed. Therefore the oxygen concentration in the exhaust gas in particulates filter 10 falls to its lowest level and the air-fuel ratio of the exhaust gas becomes rich. As a result, as already mentioned,  $\text{NO}_x$  is discharged from  $\text{NO}_x$  absorbent 26, and this discharged  $\text{NO}_x$  undergoes reduction-purification.

[0021] Next, if it has been decided at step 46 that  $T \geq T_1$ , and thus if it is decided that regeneration of  $\text{NO}_x$  absorbent 26 has been completed, there is advance to step 52 and intake throttle valve 8 is opened. This results in inflow of a large quantity of air into particulates filter 10. Then, advancing to step 54, it is decided whether or not the elapsed time  $T$  is less than the predetermined second time  $T_2$ . If the value of  $T_2$  is greater than  $T_1$ ,  $T_2 - T_1$  is the ignition time required for igniting the particulates that have been collected in particulates filter 10. If  $T < T_2$ , i.e. when we are within the ignition time, on advancing to step 56, the fuel for ignition is supplied from reducing-agent supply device 12 and burning takes place. Accordingly, the particulates that have been collected in particulates filter 10 are ignited. Moreover, though not shown in the diagram, if an electric heater or a similar means for supplementary heating is provided on the upstream side of particulates filter 10, so that particulates filter 10 is heated, ignition of the particulates will be facilitated.

[0022] Next, at step 54, when it is decided that  $T \geq T_2$  and thus ignition of the particulates has ended and the particulates burn even without supplying fuel, on advancing to step 58, supply of fuel from the reducing-agent supply device 12 is inhibited. Furthermore, if the aforementioned electric heater or other supplementary heating means is provided, heating is stopped after the particulates begin to burn.

[0023] As mentioned above, according to the present example of application, after discharge of  $\text{NO}_x$  from  $\text{NO}_x$  absorbent 26 and after reduction-purification has taken place, the following effect can be obtained as a result of burning the particulates. On discharging  $\text{NO}_x$  from  $\text{NO}_x$  absorbent 26, during the reduction-purification operation, the fuel burns on  $\text{NO}_x$  absorbent 26 and the temperature of particulates filter 10 rises. There is therefore a rise in temperature of the collected particulates, which ignite and burn easily. Accordingly, energy supply from outside for igniting and burning the collected particulates can be reduced.

[0024] Accordingly, less energy has to be supplied from outside for igniting and burning the collected particulates.

[0024] Furthermore, after discharge of  $\text{NO}_x$  from  $\text{NO}_x$  absorbent 26 and after execution of the reduction operation, because of the heat supplied for burning the particulates and the heat evolved during particulates combustion, it is possible to prevent

the NO<sub>x</sub> supplied to NO<sub>x</sub> absorbent 26 from being discharged to the atmosphere. Moreover, in this example of application, the NO<sub>x</sub> absorbent is supported on the surface of the exhaust line wall inside the particulates filter, but the NO<sub>x</sub> absorbent and the particulates filter can also be separate and independent. In this case, the NO<sub>x</sub> absorbent is arranged on the upstream side of the particulates filter, in such a way that the heat generated in the NO<sub>x</sub> absorbent is transferred efficiently to the particulates filter.

[0025] Next, a second example of application of the present invention will be explained using Fig. 5. In the example of application in Fig. 1, during regeneration of the NO<sub>x</sub> absorbent the intake throttle valve 8 is closed, restricting the amount of air entering the engine, and by reducing the flow of exhaust into the NO<sub>x</sub> absorbent (particulates filter), the amount of reducing agent required for consuming the oxygen in the exhaust is decreased. Therefore, engine output decreases during regeneration of the NO<sub>x</sub> absorbent, so it is necessary for regeneration of the NO<sub>x</sub> absorbent to be performed in conditions with restricted operation (for example, in conditions such as engine braking when even a decrease in engine output does not affect operation), and it is not possible for the operation of regeneration of the NO<sub>x</sub> absorbent to be carried out at any arbitrary time.

[0026] In the example of application shown in Fig. 5, the particulates filter supporting the NO<sub>x</sub> absorbent is arranged in two parallel rows in the exhaust pipe, the flow of exhaust into the NO<sub>x</sub> absorbent being interrupted on one side at a time, for executing regeneration of the NO<sub>x</sub> absorbent. In this way, during execution of the NO<sub>x</sub> absorbent regeneration operation on one side, operation is possible with the flow of exhaust diverted to the NO<sub>x</sub> absorbent on the other side, so it is not necessary to cut down the overall exhaust flow and there is no drop in engine output. Therefore, it becomes possible to carry out regeneration of the NO<sub>x</sub> absorbent at an arbitrary time, without regulating the operating conditions.

[0027] Fig. 5 shows the exhaust pipe 6 of the engine (not shown), the branches 6a and 6b of exhaust pipe 6, the particulates filters 10a and 10b arranged in branches 6a and 6b, the exhaust switching valve 9 provided at the point of branching of branches 6a and 6b, and the solenoid 9a that operates the exhaust switching valve 9, being a negative-pressure actuator or some other suitable type of actuator. Also in this example of

application, particulates filters 10a and 10b are each constructed with supported NO<sub>x</sub> absorbent, as in the example of application of Fig. 2.

[0028] Furthermore, in this example of application the reducing-agent supply device is equipped with injection nozzles 12a and 12b for supplying the reducing agent (fuel) in branches 6a and 6b on the upstream side of each particulates filter 10a, 10b. In addition, in this example of application electric heaters 11a and 11b are provided, with a relay 11 for switching on the supply of current to the respective heaters, as the supplementary means of heating for promoting ignition of the particulates trapped in the particulates filters 10a and 10b on their upstream side.

[0029] In addition, in this example of application, in order to decide whether or not the particulates filter regenerating operation is required, a backpressure sensor 21 is provided in exhaust pipe 6 on the upstream side of branches 6a and 6b for detecting the pressure of the exhaust in exhaust pipe 6. In addition, exhaust temperature sensors 23a and 23b for detecting the temperature of the exhaust are provided in branches 6a and 6b on the downstream side of particulates filters 10a and 10b, and oxygen concentration sensors 25a and 25b are provided which emit a continuous output signal proportional to the oxygen concentration, for detecting the oxygen concentration in the exhaust.

[0030] Furthermore, at the input port of the electronic control unit (ECU) 30, the output signals from the backpressure sensor 21, the exhaust temperature sensors 23a and 23b, and the oxygen concentration sensors 25a and 25b (not shown in the diagram) provide the input, via an A/D converter, together with signals for engine revolutions and from other sensors (not shown in the diagram). Moreover, the output port of ECU 30 is connected to an actuator 9a of an exhaust cutoff valve 9 via a driving circuit, not shown in the diagram, nozzles 12a and 12b of the reducing-agent supply device 12, and the relay 11 of heaters 11a and 11b, to control their operation.

[0031] In this example of application, exhaust cutoff valve 9 normally closes the branch on one side (for example branch 6a), and almost the whole quantity of exhaust is led to the particulates filter on the other side (10b), with NO<sub>x</sub> absorption and particulates trapping taking place in the said particulates filter on this side. Moreover, if there is an increase in the amount of NO<sub>x</sub> absorbed in the NO<sub>x</sub> absorbent on the particulates filter (10b) that is effecting NO<sub>x</sub> absorption, exhaust switching valve 9 is switched and almost

all of the exhaust is led to the particulates filter on the other branch (6a, 10a), to carry out NO<sub>x</sub> absorption and particulates trapping, with reducing agent being supplied to the particulates filter with the increased quantity of NO<sub>x</sub> absorption (10b), and regeneration of the NO<sub>x</sub> absorbent is carried out.

[0032] In addition, ECU 30 detects increased exhaust resistance of the particulates filter during use, from the output of backpressure sensor 21, and immediately after execution of the operation of regeneration of the NO<sub>x</sub> absorbent of this particulates filter, the particulates collected in the particulates filter are burnt and the particulates filter is regenerated. Fig. 6 is a flowchart showing the operations of regeneration of the NO<sub>x</sub> absorbent and the particulates filter. This routine is executed at fixed intervals of time by ECU 30.

[0033] When the routine in Fig. 6 starts, at step 601 the decision is made as to whether or not conditions are established for commencing the operation of regeneration of the NO<sub>x</sub> absorbent of the particulates filter that is currently in use. Regeneration of the NO<sub>x</sub> absorbent is carried out when the engine exhaust temperature is above a stipulated value (and thus the NO<sub>x</sub> absorbent is above the stipulated active temperature), and when the NO<sub>x</sub> absorbent usage time (NO<sub>x</sub> absorption quantity) reaches a stipulated value (for example from 1 min to 3 min) (thus, when the NO<sub>x</sub> absorption quantity of the NO<sub>x</sub> absorbent in use exceeds a stipulated level).

[0034] In step 601, if conditions are established for starting the operation of regeneration of the NO<sub>x</sub> absorbent, the exhaust switching valve 9 is switched at step 603, and the branch of the particulates filter on the side where the regeneration operation is being carried out is closed. Accordingly, almost all of the exhaust flows to the other branch, and there is only flow of an amount of exhaust equivalent to the leakage of the exhaust switching valve in the particulates filter on the side being regenerated. Next, at step 605, fuel is supplied from the reducing-agent supply device 12 to the particulates filter on the side where the operation of regeneration is in progress. Accordingly, the fuel is burnt on the NO<sub>x</sub> absorbent supported in the particulates filter, the oxygen in the exhaust surrounding the NO<sub>x</sub> absorbent is consumed, and NO<sub>x</sub> is discharged from the NO<sub>x</sub> absorbent and undergoes reduction and purification, accompanied by a temperature rise of the particulates filter supporting the NO<sub>x</sub> absorbent, owing to combustion.

[0035] Next, a decision regarding the conditions of completion of the operation of regeneration of the NO<sub>x</sub> absorbent is taken at step 607. The operation of regeneration of the NO<sub>x</sub> absorbent is completed after a stipulated time has elapsed (for example, from several seconds to several tens of seconds) since the condition (the condition when all of the oxygen in the exhaust has been consumed) occurred when the concentration of oxygen in the exhaust dropped below a stipulated value (almost zero) as detected by the oxygen concentration sensor (25a or 25b) on the downstream side of the particulates filter during execution of the regeneration operation.

[0036] At step 607, a decision is taken as to whether or not to carry out the operation of regeneration of the particulates filter at the same time as completion of the operation of regeneration of the NO<sub>x</sub> absorbent as was concluded in step 609. The operation of regeneration of the particulates filter is decided on the basis of whether or not the exhaust pressure read from backpressure sensor 21 before commencement of regeneration of the NO<sub>x</sub> absorbent is above a stipulated value (a predetermined value based on engine revolutions, load etc.).

[0037] If it is concluded at step 609 that the operation of regeneration of the particulates filter is unnecessary, then at step 617 supply of fuel from the reducing-agent supply device 12 is stopped, switching valve 9 is maintained in its present state and, after regeneration, the NO<sub>x</sub> absorbent is put in the standby state. If it is concluded at step 609 that the operation of regeneration of the particulates filter is required, the said operation is carried out in the next steps from 611 to 615. Thus, ignition of the particulates that have been collected in the particulates filter is effected at step 611. During this, switching valve 9, which was in the fully closed state, is opened as far as a specified extent, so that a specified amount of exhaust (e.g. of the order of 50 litres/min) flows through the particulates filter, and at the same time the amount of fuel supplied from the reducing-agent supply device is increased, and ignition of the particulates is facilitated by passing current through the heater (11a or 11b).

[0038] After a specified time (for example of the order of 1 min), current supply to the heater is switched off, then the operation of burning the particulates is carried out at step 613. During this, the exhaust switching valve 9 and the amount of fuel supplied from the reducing-agent supply device 12 are maintained in the same state as at step 611. After

a specified time in this state (e.g. of the order of 10 min), burning of the particulates is completed, the exhaust switching valve is fully closed once again at step 615, supply of fuel from the reducing-agent supply device 12 is stopped at step 617, and the now regenerated particulates filter is put into the standby state.

[0039] In the present example of application, because the particulates burning operation is only carried out when the exhaust pressure detected by the backpressure sensor 21 exceeds a specified value, we can aim for a decrease in consumption of the reducing agent (fuel). Moreover, as in the example of application of Fig. 1, following execution of the operation of regeneration of the  $\text{NO}_x$  absorbent, in order to perform the operation of regeneration of the particulates filter the latter is heated and the trapped particulates are ignited; the external energy supply for this can be reduced, just as was achieved in the example of application of Fig. 1.

[0040]

#### **Effect of the invention**

The present invention has the effect that the supply of energy from outside for igniting and burning the particulates can be reduced considerably, because the arrangement of the  $\text{NO}_x$  absorbent and the particulates filter is such that the heat generated during regeneration of the  $\text{NO}_x$  absorbent can be utilized by the particulates filter, and burning of the particulates that have been collected in the particulates filter is carried out after execution of the operation of regeneration of the  $\text{NO}_x$  absorbent.

[0041] For the purpose of regenerating the particulates filter after discharge and reduction of  $\text{NO}_x$  from the  $\text{NO}_x$  absorbent, during regeneration of the particulates filter,  $\text{NO}_x$  is discharged from the  $\text{NO}_x$  absorbent but it is possible to prevent it from being discharged to the atmosphere.

#### **Brief explanation of the drawings**

Fig. 1. Diagram showing a first example of application of the present invention.

Fig. 2. Enlarged cross-section of particulates filter 10.

Fig. 3. Diagram for explaining  $\text{NO}_x$  absorption and discharge.

Fig. 4. Flowchart showing regeneration of the  $\text{NO}_x$  absorbent and regeneration of the particulates filter according to the example of application of Fig. 1.

Fig. 5. Diagram showing a second example of application of the present invention.

Fig. 6. Flowchart showing the operations of regeneration of the NO<sub>x</sub> absorbent and regeneration of the particulates filter according to the example of application of Fig.

5.

**Explanation of numerical symbols**

2 - diesel engine

6 - exhaust line

8 - intake throttle valve

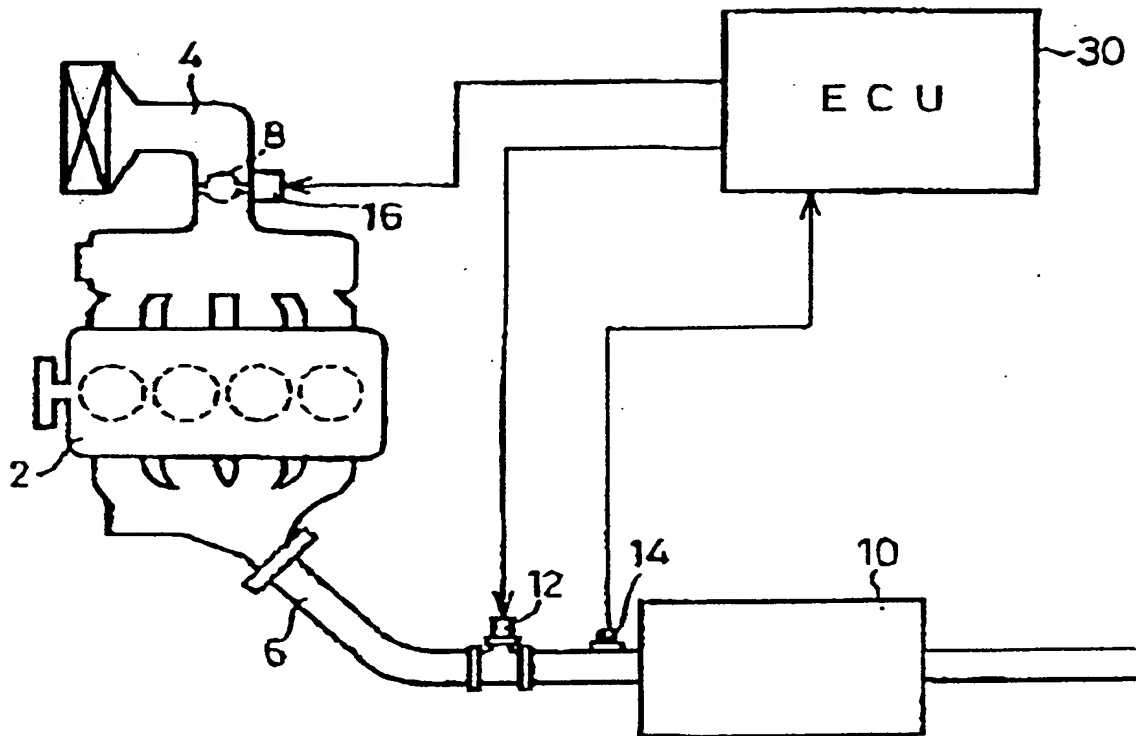
9 - exhaust switching valve

10 - particulates filter

12 - reducing-agent supply device

26 - NO<sub>x</sub> absorbent

Fig. 1



2 - main body of the diesel engine

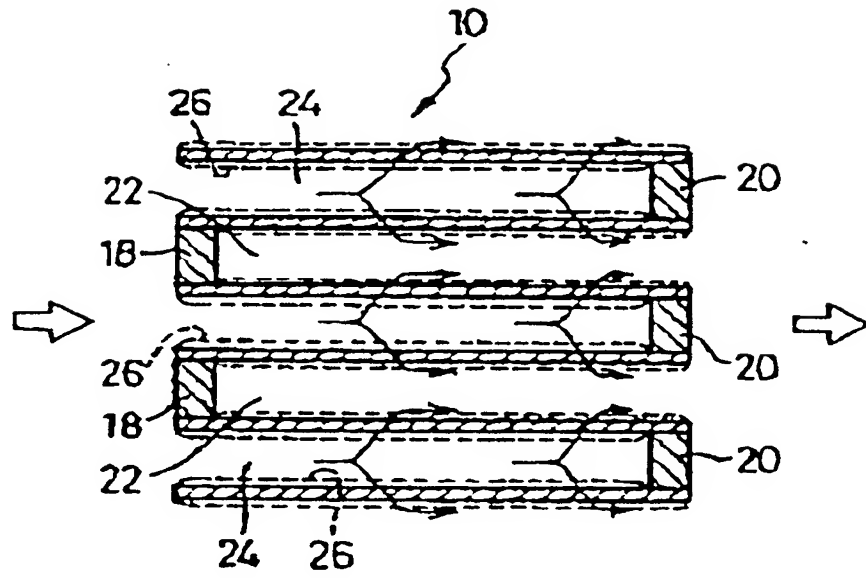
6 - exhaust line

8 - intake throttle valve

10 - particulates filter

12 - reducing-agent supply device

Fig. 2



26 - NO<sub>x</sub> absorbent

Fig. 3

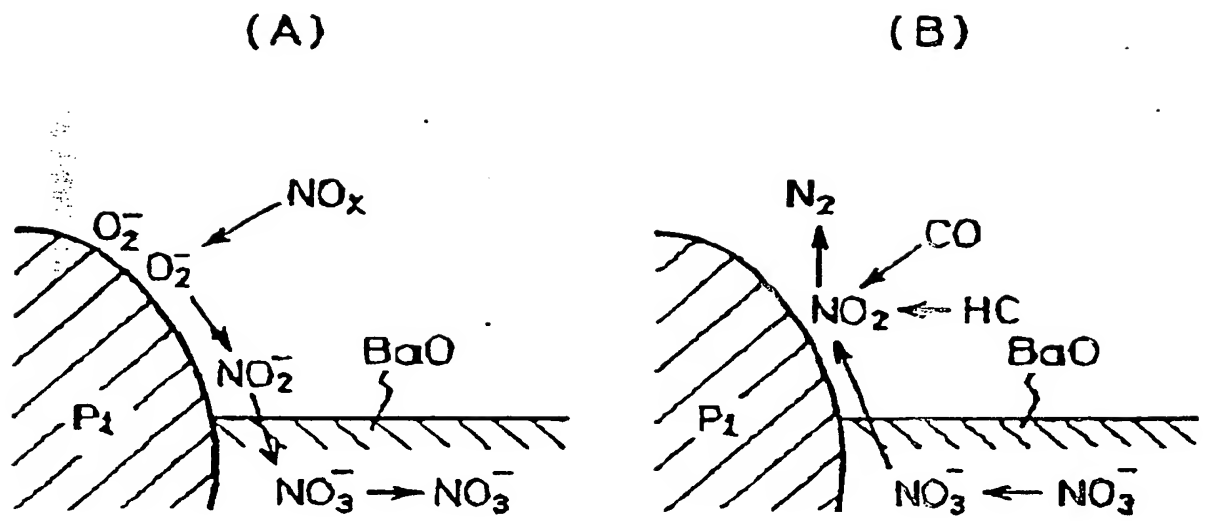
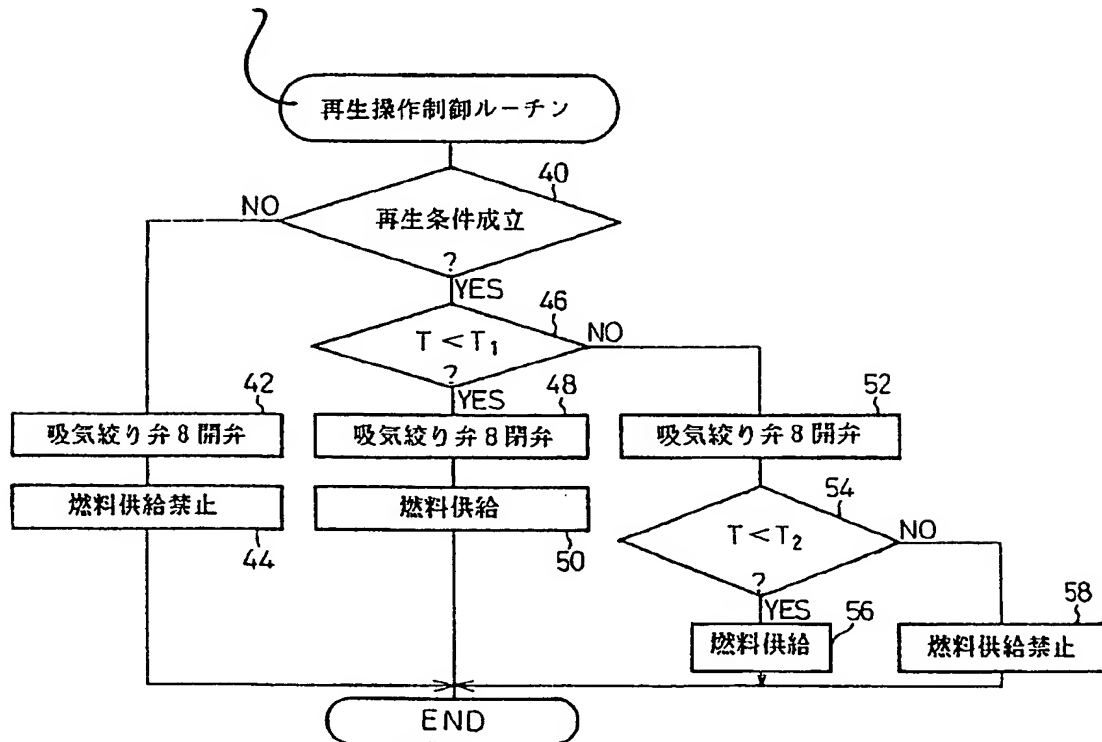


Fig. 4

## Routine controlling the regeneration operation



40: Conditions established for regeneration ?

42: Opening of intake throttle valve 8

44: Inhibition of fuel supply

48: Closing of intake throttle valve 8

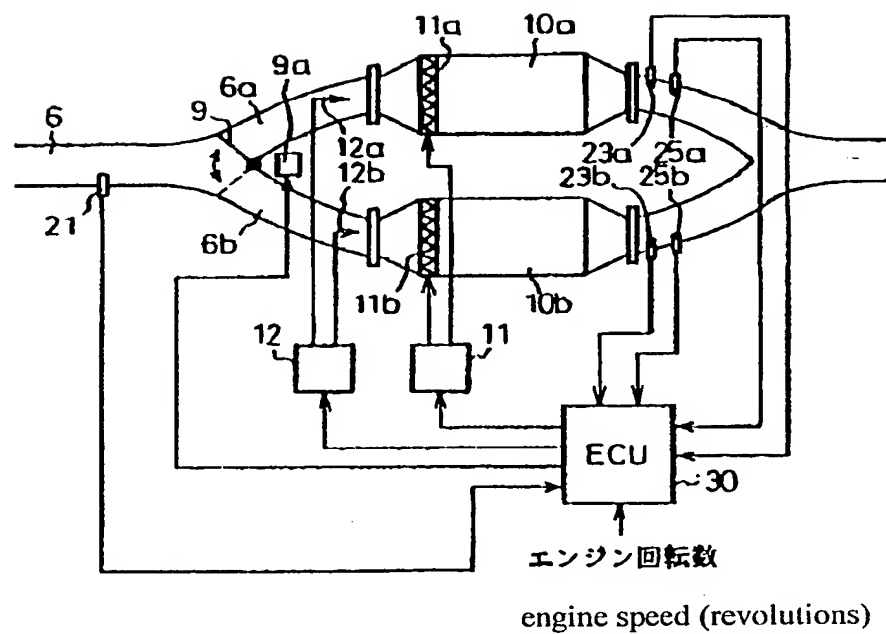
50: Fuel supply

52: Opening of intake throttle valve 8

56: Fuel supply

58: Inhibition of fuel supply

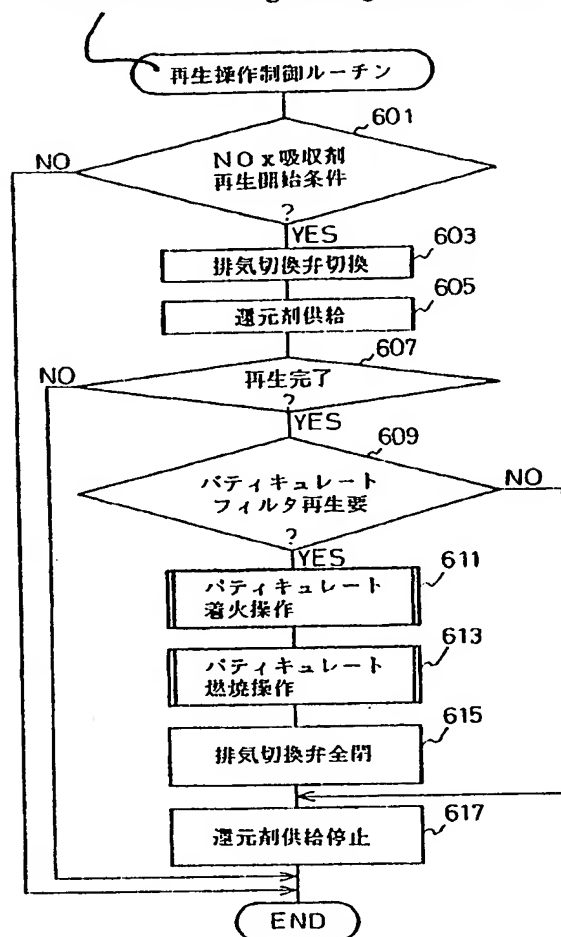
Fig. 5



- 6 - exhaust pipe
- 6a, 6b - branches
- 10a, 10b - particulates filters
- 12 - reducing-agent supply device
- 30 - electronic control unit (ECU)

Fig. 6

## Routine controlling the regeneration operation



601: Condition for starting NO<sub>x</sub> absorbent regeneration ?

603: Switching of the exhaust switching valve

605: Supply of reducing agent

607: Regeneration completed ?

609: Regeneration of particulates filter required ?

611: Operation of ignition of particulates

613: Operation of burning of particulates

615: Exhaust switching valve fully closed

617: Stoppage of supply of reducing agent

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2722987号

(45) 発行日 平成10年(1998) 3月9日

(24) 登録日 平成9年(1997)11月28日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
F 0 1 N 3/02	3 2 1		F 0 1 N 3/02	3 2 1 D
	3 0 1			3 0 1 G
				3 0 1 L
3/08			3/08	G

請求項の数1(全 9 頁)

(21) 出願番号	特願平5-92849	(73) 特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
(22) 出願日	平成5年(1993)4月20日	(72) 発明者	広田 信也 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(65) 公開番号	特開平6-159037	(72) 発明者	荒木 康 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(43) 公開日	平成6年(1994)6月7日	(72) 発明者	小端 喜代志 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願平4-258510	(74) 代理人	弁理士 宇井 正一 (外4名)
(32) 優先日	平4(1992)9月28日		
(33) 優先権主張国	日本(J P)	審査官	山本 穂積

最終頁に続く

## (54) 【発明の名称】 内燃機関の排気浄化装置

## (57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 流入排気空燃比がリーンなときに $\text{NO}_x$ を吸収し流入排気の酸素濃度が低下したときに吸収した $\text{NO}_x$ を放出する $\text{NO}_x$ 吸収剤をディーゼルエンジンの排気通路に配置して排気中の $\text{NO}_x$ を吸収させ、その後前記 $\text{NO}_x$ 吸収剤に還元剤を供給して吸収した $\text{NO}_x$ を前記 $\text{NO}_x$ 吸収剤から放出させるとともに放出された $\text{NO}_x$ を還元浄化する排気浄化装置において、前記 $\text{NO}_x$ 吸収剤と排気中の微粒子を捕集するパティキュレートフィルタとを相互に熱伝達可能な位置に配置し、前記 $\text{NO}_x$ 吸収剤に還元剤を供給して前記 $\text{NO}_x$ の放出と還元浄化を行った後に前記パティキュレートフィルタに捕集されたパティキュレートを燃焼させるようにしたことを特徴とする内燃機関の排気浄化装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は内燃機関の排気浄化装置に関し、詳細にはディーゼルエンジンの排気中に含まれる $\text{NO}_x$ 成分の浄化と排気中の微粒子の捕集を行う排気浄化装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 特開昭62-106826号公報には、排気ガスの空燃比がリーンなときには $\text{NO}_x$ を吸収し排気ガス中の酸素濃度が低下すると吸収した $\text{NO}_x$ を放出する $\text{NO}_x$ 吸収剤をディーゼル機関の排気通路内に配置し、この $\text{NO}_x$ 吸収剤に排気中の $\text{NO}_x$ を吸収させ、 $\text{NO}_x$ 吸収剤の吸収効率が低下したときに排気の流入を遮断して $\text{NO}_x$ 吸収剤に還元剤を供給し $\text{NO}_x$ 吸収剤から吸収した $\text{NO}_x$ を放出させるとともに放出された $\text{NO}_x$ の還元浄化を行う内燃機関の排気浄化装置が開示されて

いる。

【0003】また、ディーゼルエンジンの排気中に多く含まれる排気微粒子（パティキュレート）の大気放出を防止するためにディーゼルエンジンの排気通路にパティキュレートフィルタを配置して排気中のパティキュレートを捕集することが知られている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】パティキュレートフィルタに捕集されたパティキュレートの量が増大すると、パティキュレートフィルタを通る排気の流路抵抗が増大するため、エンジンの排気抵抗が上昇してエンジン出力の低下や燃費の増大を生じる。これを防止するため、定期的にパティキュレートフィルタに捕集されたパティキュレートを燃焼させてパティキュレートフィルタの再生を行う必要がある。しかし、このためには電気ヒータ、バーナ等を用いて捕集されたパティキュレートの着火燃焼が生じる温度までパティキュレートフィルタを加熱、昇温する必要がある、多大なエネルギーを外部から供給しなければならない問題がある。

【0005】本発明は、上記問題に鑑み、パティキュレートフィルタの再生のために外部から供給するエネルギーを低減し、捕集されたパティキュレートの着火を容易にする手段を提供することを目的としている。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、流入排気の空燃比がリーンなときに $\text{NO}_x$ を吸収し流入排気の酸素濃度が低下したときに吸収した $\text{NO}_x$ を放出する $\text{NO}_x$ 吸収剤をディーゼルエンジンの排気通路に配置して排気中の $\text{NO}_x$ を吸収させ、その後前記 $\text{NO}_x$ 吸収剤に還元剤を供給して吸収した $\text{NO}_x$ を前記 $\text{NO}_x$ 吸収剤から放出させるとともに放出された $\text{NO}_x$ を還元浄化する排気浄化装置において、前記 $\text{NO}_x$ 吸収剤と排気中の微粒子を捕集するパティキュレートフィルタとを相互に熱伝達可能な位置に配置し、前記 $\text{NO}_x$ 吸収剤に還元剤を供給して前記 $\text{NO}_x$ の放出と還元浄化を行った後に前記パティキュレートフィルタに捕集されたパティキュレートを燃焼させるようにしたことを特徴とする内燃機関の排気浄化装置が提供される。

【0007】

【作用】 $\text{NO}_x$ 吸収剤に還元剤が供給されると $\text{NO}_x$ 吸収剤上で還元剤が燃焼し $\text{NO}_x$ 吸収剤の雰囲気酸素濃度が低下するため、 $\text{NO}_x$ 吸収剤から $\text{NO}_x$ が放出され、還元剤により還元浄化される。このとき、 $\text{NO}_x$ 吸収剤は還元剤の燃焼により温度が上昇する。パティキュレートフィルタは $\text{NO}_x$ 吸収剤と相互に熱伝達可能な位置に配置されているため、パティキュレートフィルタはこのとき $\text{NO}_x$ 吸収剤の熱を受けて温度が上昇する。このため、パティキュレートフィルタの再生を行う際にはパティキュレートフィルタが充分な高温になっており、外部から多大なエネルギーを供給することなく容易にパティキ

ュレートの着火燃焼が行われる。

【0008】

【実施例】図1に本発明の第一の実施例を示す。図1において、2はディーゼルエンジン、4は吸気通路、6は排気通路を夫々示す。吸気通路4内には吸気絞り弁8が設けられ、この吸気絞り弁8は通常時は全開とされており、後述のように $\text{NO}_x$ 吸収剤の再生を行う際に閉弁され、エンジン2の吸入空気量を絞り $\text{NO}_x$ 吸収剤に流入する排気流量を低減する。これにより、排気中の酸素を消費して $\text{NO}_x$ 吸収剤雰囲気酸素濃度を低下させるために必要な還元剤の量が低減される。図に16で示すのは吸気絞り弁8を駆動するソレノイド、負圧アクチュエータ等の適宜な形式のアクチュエータである。

【0009】排気通路6の途中には、パティキュレートフィルタ10が配置される。12はパティキュレートフィルタ10上流側の排気通路6に還元剤を供給するための還元剤供給装置である。本実施例では還元剤としてディーゼルエンジン2の燃料が使用されており、還元剤供給装置12はエンジン燃料系統から供給された燃料を排気通路6内に霧状に噴射するノズルを備えている。

【0010】パティキュレートフィルタ10と還元剤供給装置12との間の排気通路6には排気温度センサ14が配置され、この排気温度センサ14の検出信号は電子制御ユニット（ECU）30に入力される。ECU30は、CPU（中央演算装置）、RAM（ランダムアクセスメモリ）、ROM（リードオンリメモリ）、入出力ポートを双方向バスで接続した公知の形式のデジタルコンピュータからなり、燃料噴射量制御等のエンジンの基本制御を行う他、本実施例では $\text{NO}_x$ 吸収剤の再生、パティキュレートの燃焼等の制御も行っている。これらの制御のため、ECU30は、吸気絞り弁8を駆動するアクチュエータ16、および還元剤供給装置12を制御して、吸気絞り弁8の開閉と還元剤供給装置12からの還元剤の供給の調節を行う。

【0011】図2にはパティキュレートフィルタ10の拡大断面図を示す。図2を参照すると、パティキュレートフィルタ10は多孔質セラミックから成り、排気ガスは矢印で示されるように図中左から右に向かって流れる。パティキュレートフィルタ10内には、上流側に栓18が施された第1通路22と下流側に栓20が施された第2通路24とが交互に配置されハニカム状をなしている。排気ガスが図中左から右に向かって流れると、排気ガスは第2通路24から多孔質セラミックの流路壁面を通過して第1通路22に流入し、下流側に流れる。このとき、排気ガス中のパティキュレートは多孔質セラミックによって捕集され、パティキュレートの大気への放出を防止する。

【0012】第1および第2通路22および24の壁面には $\text{NO}_x$ 吸収剤26が担持されている。 $\text{NO}_x$ 吸収剤26は、例えばカリウムK、ナトリウムNa、リチウム

Li、セシウムCsのようなアルカリ金属、バリウムBa、カルシウムCaのようなアルカリ土類、ランタンLa、イットリウムYのような希土類から選ばれた少なくとも一つと、白金Ptのような貴金属とから成る。NO<sub>x</sub> 吸収剤26は流入排気ガスの空燃比がリーンのときにはNO<sub>x</sub> を吸収し、流入排気ガス中の酸素濃度が低下すると吸収したNO<sub>x</sub> を放出するNO<sub>x</sub> の吸放出作用を行う。

【0013】上述のNO<sub>x</sub> 吸収剤26を機関排気通路内に配置すればこのNO<sub>x</sub> 吸収剤26は実際にNO<sub>x</sub> の吸放出作用を行うがこの吸放出作用の詳細なメカニズムについては明らかでない部分もある。しかしながらこの吸放出作用は図3に示すようなメカニズムで行われているものと考えられる。次にこのメカニズムについて白金PtおよびバリウムBaを担持させた場合を例にとって説明するが他の貴金属、アルカリ金属、アルカリ土類、希土類を用いても同様なメカニズムとなる。

【0014】即ち、流入排気ガスがかなりリーンになると流入排気ガス中の酸素濃度が大幅に増大し、図3

(A)に示されるようにこれら酸素O<sub>2</sub>がO<sub>2</sub><sup>-</sup>またはO<sub>2</sub><sup>2-</sup>の形で白金Ptの表面に付着する。一方、流入排気ガス中のNOは白金Ptの表面上でO<sub>2</sub><sup>-</sup>またはO<sub>2</sub><sup>2-</sup>と反応し、NO<sub>2</sub>となる(2NO+O<sub>2</sub>→2NO<sub>2</sub>)。次いで生成されたNO<sub>2</sub>の一部は白金Pt上で更に酸化されつつNO<sub>x</sub> 吸収剤26内に吸収されて酸化バリウムBaOと結合しながら、図3(A)に示されるように硝酸イオンNO<sub>3</sub><sup>-</sup>の形でNO<sub>x</sub> 吸収剤26内に拡散する。このようにしてNO<sub>x</sub>がNO<sub>x</sub> 吸収剤26内に吸収される。

【0015】流入排気ガス中の酸素濃度が高い限り白金Ptの表面でNO<sub>2</sub>が生成され、NO<sub>x</sub> 吸収剤26のNO<sub>x</sub> 吸収能力が飽和しない限りNO<sub>2</sub>がNO<sub>x</sub> 吸収剤26内に吸収されて硝酸イオンNO<sub>3</sub><sup>-</sup>が生成される。これに対して流入排気ガス中の酸素濃度が低下してNO<sub>2</sub>の生成量が低下すると反応が逆方向(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>→NO<sub>2</sub>)に進み、斯くしてNO<sub>x</sub> 吸収剤26内の硝酸イオンNO<sub>3</sub><sup>-</sup>がNO<sub>2</sub>の形で吸収剤から放出される。即ち、流入排気ガス中の酸素濃度が低下するとNO<sub>x</sub> 吸収剤26からNO<sub>x</sub>が放出されることになる。流入排気ガスのリーンの度合いが低くなれば流入排気ガス中の酸素濃度が低下し、従って流入排気ガスのリーンの度合いを低くすればNO<sub>x</sub> 吸収剤26からNO<sub>x</sub>が放出されることになる。

【0016】一方、このとき流入排気ガスの空燃比をリッチにすると、HC、COは白金Pt上の酸素O<sub>2</sub><sup>-</sup>またはO<sub>2</sub><sup>2-</sup>と反応して酸化せしめられる。また、流入排気ガスの空燃比をリッチにすると流入排気ガス中の酸素濃度が極度に低下するためにNO<sub>x</sub> 吸収剤26からNO<sub>2</sub>が放出され、このNO<sub>2</sub>は図3(B)に示されるように未燃HC、COと反応して還元浄化せしめられる。この

ようにして白金Ptの表面上にNO<sub>2</sub>が存在しなくなるとNO<sub>x</sub> 吸収剤26から次から次へとNO<sub>2</sub>が放出される。従って流入排気ガスの空燃比をリッチにすると短時間のうちにNO<sub>x</sub> 吸収剤26からNO<sub>x</sub>が放出されて還元浄化されることになる。

【0017】本実施例ではディーゼルエンジンが使用されているため通常運転時の排気空燃比はリーンであり、NO<sub>x</sub> 吸収剤26は排気中のNO<sub>x</sub>を吸収する。また、パティキュレートフィルタ10上流側の排気通路6に還元剤が供給されるとパティキュレートフィルタ10を通過する排気ガスの空燃比はリッチになり、NO<sub>x</sub> 吸収剤26からの上記NO<sub>x</sub>の放出と還元が行われる。

【0018】なお、ここでいう排気空燃比とはNO<sub>x</sub> 吸収剤26上流側の排気通路6とエンジン燃焼室または吸気通路に供給された空気と燃料との比率をいうものとする。従って排気通路6に空気や還元剤が供給されていないときには排気空燃比はエンジンの運転空燃比(エンジン燃焼室内の燃焼空燃比)に等しくなる。また、本発明に使用する還元剤としては、排気中で炭化水素や一酸化炭素等の還元成分を発生するものであれば良く、水素、一酸化炭素等の気体、プロパン、プロピレン、ブタン等の液体又は気体の炭化水素、ガソリン、軽油、灯油等の液体燃料等が使用できるが、本実施例では貯蔵、補給等の際の煩雑さを避けるため前述のようにディーゼルエンジン2の燃料である軽油を還元剤として使用している。

【0019】次に図4を参照しつつ本実施例の動作について説明する。図4はNO<sub>x</sub> 吸収剤26の再生とパティキュレートフィルタ10に捕集されたパティキュレートの燃焼の制御ルーチンを示すフローチャートである。本ルーチンはECU30により一定時間毎の割込みによって実行される。図4を参照すると、まず、ステップ40でNO<sub>x</sub> 吸収剤26からの上記NO<sub>x</sub>の放出、還元浄化操作(以下「再生操作」という)の実行条件が成立したか否かが判定される。NO<sub>x</sub> 吸収剤再生開始条件は、例えば、減速時であり、NO<sub>x</sub> 吸収剤26が活性化温度以上であり、かつ前回再生を実行してから所定時間以上経過していること等である。NO<sub>x</sub> 吸収剤再生開始条件が成立していないと判定された場合、ステップ42に進み吸気絞り弁8が開弁され、ステップ44で還元剤供給装置12からの燃料供給が禁止される。

【0020】一方、ステップ40においてNO<sub>x</sub> 吸収剤再生開始条件が成立した場合、ステップ46に進み、NO<sub>x</sub> 吸収剤再生開始条件が成立した時からの経過時間Tが予め定められた第1の時間T<sub>1</sub>より小さいか否かが判定される。第1の時間T<sub>1</sub>は、NO<sub>x</sub> 吸収剤26を再生するのに必要な時間である。T<T<sub>1</sub>の場合、ステップ48に進み吸気絞り弁8が開弁される。これによってパティキュレートフィルタ10に流入する空気量が減少される。次いで、ステップ50で、還元剤供給装置12から

燃料が供給される。供給された燃料は $\text{NO}_x$  吸収剤 26 の触媒作用によって燃焼し排気ガス中の酸素が消費される。このため、パティキュレートフィルタ 10 内の排気ガス中の酸素濃度が極度に低下して排気ガスの空燃比はリッチとなる。これによって、前述のように、 $\text{NO}_x$  吸収剤 26 から $\text{NO}_x$  が放出され、この放出された $\text{NO}_x$  は還元浄化されることとなる。

【0021】次いで、ステップ46で $T \geq T_1$ と判定された場合、すなわち、 $\text{NO}_x$  吸収剤 26 の再生が完了したと判定された場合、ステップ52に進み吸気絞り弁8が開弁される。これによって多量の空気がパティキュレートフィルタ 10 内に流入する。次いでステップ54に進み、経過時間 $T$ が予め定められた第2の時間 $T_2$ より小さいか否か判定される。 $T_2$ は $T_1$ より大きい値であり、 $T_2 - T_1$ は、パティキュレートフィルタ 10 に捕集されたパティキュレートを着火せしめるために要する着火時間である。 $T < T_2$ の場合、すなわち着火時間内である場合には、ステップ56に進んで還元剤供給装置 12 から着火用の燃料が供給されて燃焼される。これによって、パティキュレートフィルタ 10 に捕集されたパティキュレートに着火される。なお、図示していないが、パティキュレートフィルタ 10 上流側に電気ヒータ等の補助的加熱手段を設け、パティキュレートフィルタ 10 を加熱するようにすればパティキュレートの着火が促進される。

【0022】次いでステップ54で $T \geq T_2$ と判定された場合、すなわち、パティキュレートの着火が完了して燃料を供給しなくてもパティキュレートが燃焼する場合には、ステップ58に進み還元剤供給装置 12 からの燃料供給が禁止される。また、上述の電気ヒータ等の補助的加熱手段を設けている場合にはパティキュレートの燃焼が開始した後は加熱を停止する。

【0023】以上のように本実施例によれば、 $\text{NO}_x$  吸収剤 26 からの $\text{NO}_x$ の放出、還元浄化を行った後にパティキュレートを燃焼させるようにしているために、以下のような効果を得ることができる。 $\text{NO}_x$  吸収剤 26 からの $\text{NO}_x$ の放出、還元浄化操作の際に、燃料が $\text{NO}_x$  吸収剤 26 上で燃焼しパティキュレートフィルタ 10 の温度が上昇する。これによって捕集されているパティキュレートが昇温せしめられパティキュレートが容易に着火燃焼することとなる。従って、捕集されたパティキュレートを着火燃焼させるために外部から供給するエネルギーを低減することができる。

【0024】また、 $\text{NO}_x$  吸収剤 26 からの $\text{NO}_x$ の放出、還元操作実行後にパティキュレートを燃焼させるようにしているためにパティキュレート燃焼時の熱によって $\text{NO}_x$  吸収剤 26 に吸収された $\text{NO}_x$ が大気へ放出されることを防止することができる。なお、本実施例では $\text{NO}_x$  吸収剤をパティキュレートフィルタ内の排気通路壁面に担持させているが、 $\text{NO}_x$  吸収剤とパティキュレ

ートフィルタとは別個に独立させてもよい。この場合には、パティキュレートフィルタの上流側に $\text{NO}_x$  吸収剤を配置し、 $\text{NO}_x$  吸収剤で発生する熱が効率よくパティキュレートフィルタに伝達されるようにする。

【0025】次に図5を用いて本発明の第二の実施例について説明する。図1の実施例では $\text{NO}_x$  吸収剤の再生時に吸気絞り弁8を閉じてエンジンの吸入空気量を絞り、 $\text{NO}_x$  吸収剤（パティキュレートフィルタ）に流入する排気流量を低下させるようにして排気中の酸素を消費するために必要な還元剤の量を低減している。このため、 $\text{NO}_x$  吸収剤の再生時にはエンジン出力が低下することになり $\text{NO}_x$  吸収剤の再生は限られた運転条件下（例えばエンジンブレーキ時等エンジン出力が低下しても運転に影響が生じない条件下）で行う必要があり、任意の時期に $\text{NO}_x$  吸収剤再生操作を行うことができない。

【0026】図5に示す実施例では $\text{NO}_x$  吸収剤を担持したパティキュレートフィルタを排気管に2つ並列に配置し、一方ずつ $\text{NO}_x$  吸収剤に流入する排気を遮断して $\text{NO}_x$  吸収剤の再生を行う。これにより、一方の $\text{NO}_x$  吸収剤の再生操作実行中には他方の $\text{NO}_x$  吸収剤に排気の流れを切り換えて運転できるので、全体として排気流量を絞る必要がなくエンジンの出力低下を生じない。このため、運転条件に左右されることなく任意の時期に $\text{NO}_x$  吸収剤の再生を行うことが可能となる。

【0027】図5において、6はエンジン（図示せず）の排気管、6a、6bは排気管6の分岐通路、10a、10bは分岐通路6a、6bに配置されたパティキュレートフィルタ、9は分岐通路6a、6bの分岐部に設けられた排気切換弁、9aは排気切換弁9の切換え動作を行うソレノイド、負圧アクチュエータ等の適宜な形式のアクチュエータである。本実施例においてもパティキュレートフィルタ 10a、10bはそれぞれ図2の実施例と同様に $\text{NO}_x$  吸収剤を担持した構造とされている。

【0028】また、本実施例においては還元剤供給装置 12 はそれぞれパティキュレートフィルタ 10a、10bの上流側の分岐通路6a、6b内に還元剤（燃料）を供給する噴射ノズル 12a、12bを備えている。更に、本実施例ではパティキュレートフィルタ 10a、10bの上流側端面にはパティキュレートフィルタに捕集されたパティキュレートの着火を促進するための補助的加熱手段としての電気ヒータ 11a、11bが設けられており、リレー 11によりそれぞれのヒータの通電が開始される。

【0029】また、本実施例ではパティキュレートフィルタの再生操作の可否を判定するために分岐通路6a、6bの上流側の排気管6には排気管6内の排気圧力を検出する背圧センサ 21が設けられている。さらに、パティキュレートフィルタ 10a、10bの下流側の分岐通路6a、6bには排気温度を検出する排気温度センサ 2

3 a、23 bと、排気中の酸素濃度を検出して酸素濃度に応じた連続的な出力信号を発生する酸素濃度センサ25 a、25 bがそれぞれ配置されている。

【0030】また、電子制御ユニット（ECU）30の入力ポートには背圧センサ21、排気温度センサ23 a、23 b、酸素濃度センサ25 a、25 bからの出力信号がそれぞれ図示しないA/D変換器を介して入力されている他、エンジン回転数等の信号が図示しないセンサから入力されている。さらに、ECU30の出力ポートは、図示しない駆動回路を通じて排気切換弁9のアクチュエータ9 a、還元剤供給装置12のノズル12 a、12 b、ヒータ11 a、11 bのリレー11にそれぞれ接続され、これらの作動を制御している。

【0031】本実施例では、排気切換弁9は常時一方の分岐通路（例えば分岐通路6 a）を閉鎖し、排気の略全量をもう一方のパティキュレートフィルタ（10 b）に導いて該一方のパティキュレートフィルタでNO<sub>x</sub>の吸収とパティキュレートの捕集を行う。また、このNO<sub>x</sub>の吸収を行っているパティキュレートフィルタ（10 b）上のNO<sub>x</sub>吸収剤のNO<sub>x</sub>吸収量が增大した場合には排気切換弁9を切り換えて排気の略全量をもう一方の分岐通路のパティキュレートフィルタ（6 a、10 a）に導いてNO<sub>x</sub>の吸収とパティキュレートの捕集を行うとともに、NO<sub>x</sub>吸収量が增大したパティキュレートフィルタ（10 b）に還元剤を供給してNO<sub>x</sub>吸収剤の再生を行う。

【0032】また、ECU30は背圧センサ21の出力から使用中のパティキュレートフィルタの排気抵抗が増大したことを検出すると、このパティキュレートフィルタのNO<sub>x</sub>吸収剤再生操作実行後に続いてパティキュレートフィルタに捕集されたパティキュレートを燃焼させてパティキュレートフィルタの再生を行う。図6はNO<sub>x</sub>吸収剤とパティキュレートフィルタの再生操作を示すフローチャートである。本ルーチンはECU30により一定時間毎に実行される。

【0033】図6においてルーチンがスタートすると、ステップ601では現在使用しているパティキュレートフィルタのNO<sub>x</sub>吸収剤の再生操作開始条件が成立しているか否かが判断される。NO<sub>x</sub>吸収剤の再生はエンジン排気温度が所定値以上（すなわち、NO<sub>x</sub>吸収剤が所定の活性温度以上）であり、かつNO<sub>x</sub>吸収剤の使用時間（NO<sub>x</sub>吸収量）が所定値（例えば1分から3分程度）に達している場合（すなわち、使用中のNO<sub>x</sub>吸収剤のNO<sub>x</sub>吸収量が所定量以上になっている場合）に実行される。

【0034】ステップ601でNO<sub>x</sub>吸収剤の再生操作開始条件が成立している場合にはステップ603で排気切換弁9を切換えて、再生操作を行う側のパティキュレートフィルタの分岐通路を閉鎖する。これにより、排気の略全量をもう一方の分岐通路に流れ、再生を行う側

のパティキュレートフィルタには排気切換弁の洩れ流量に相当する排気流量が流れるのみとなる。次いでステップ605では再生操作を行う側のパティキュレートフィルタに還元剤供給装置12から燃料が供給される。これにより、燃料はパティキュレートフィルタに担持されたNO<sub>x</sub>吸収剤上で燃焼し、NO<sub>x</sub>吸収剤の周囲の排気中の酸素が消費され、NO<sub>x</sub>吸収剤からのNO<sub>x</sub>の放出と還元浄化が行われるとともに、燃焼によりNO<sub>x</sub>吸収剤を担持するパティキュレートフィルタの温度が上昇する。

【0035】次いでステップ607ではNO<sub>x</sub>吸収剤の再生操作の終了条件が判定される。NO<sub>x</sub>吸収剤の再生操作は、再生操作実行中のパティキュレートフィルタの下流側の酸素濃度センサ（25 aまたは25 b）で検出した排気酸素濃度が所定値以下（略ゼロ）になった状態（排気中の酸素が全部消費された状態）から所定時間（例えば、数秒から数十秒）経過した時に終了する。

【0036】ステップ607でNO<sub>x</sub>吸収剤の再生操作が終了したと判断されたときにはステップ609でパティキュレートフィルタの再生操作を同時に行う必要があるか否かが判定される。パティキュレートフィルタの再生操作は、NO<sub>x</sub>吸収剤の再生開始前に背圧センサ21から読み込んだ排気圧力が所定値（エンジンの回転数、負荷などに応じて予め設定された値）以上か否かにより判断される。

【0037】ステップ609でパティキュレートフィルタの再生操作が必要ないと判断された場合にはステップ617で還元剤供給装置12からの燃料供給が停止され、切換弁9はこのままの状態に保持され、再生後のNO<sub>x</sub>吸収剤は待機状態に置かれる。ステップ609でパティキュレートフィルタの再生操作が必要と判断された場合には続いてステップ611から615のパティキュレートフィルタの再生操作が行われる。すなわち、ステップ611ではパティキュレートフィルタに捕集されたパティキュレートへの着火が行われる。このとき、全閉状態であった切換弁9は所定開度まで開弁され、所定量の排気（例えば50リットル/分程度）がパティキュレートフィルタを流れるようにされ、同時に還元剤供給装置から供給される燃料の量が増量されるとともに、ヒータ（11 aまたは11 b）が通電されパティキュレートの着火が促進される。

【0038】所定時間（例えば1分程度）が経過するとヒータへの通電は停止され、次いでステップ613のパティキュレートの燃焼操作が行われる。このとき、排気切換弁9と還元剤供給装置12からの燃料供給量はステップ611と同じ状態に保持される。この状態で所定時間（例えば10分程度）が経過するとパティキュレートの燃焼が完了し、ステップ615で排気切換弁は再度全閉にされ、ステップ617で還元剤供給装置12からの燃料供給が停止され、再生が完了したパティキュレ

ートフィルタは待機状態に置かれる。

【0039】本実施例においては、背圧センサ21で検出した排気圧力が所定値以上になった場合にのみパティキュレート燃焼操作を行うことにより、還元剤（燃料）の消費量の低減を図ることができる。また、図1の実施例と同様、NO<sub>x</sub> 吸収剤の再生操作実行後にパティキュレートフィルタの再生操作を実行するようにしているため、パティキュレートフィルタを加熱して捕集されたパティキュレートに着火するために外部から供給するエネルギーを低減する図1の実施例と同様な効果を得ることができる。

【0040】

【発明の効果】本発明は、NO<sub>x</sub> 吸収剤の再生操作時に発生する熱をパティキュレートフィルタで利用することができるようにNO<sub>x</sub> 吸収剤とパティキュレートフィルタを配置し、NO<sub>x</sub> 吸収剤の再生操作実行後にパティキュレートフィルタに捕集されたパティキュレートの燃焼を行うようにしたことにより、パティキュレートを着火燃焼させるために外部から供給するエネルギーを大幅に低減する事ができる効果を奏する。

【0041】また、NO<sub>x</sub> 吸収剤からのNO<sub>x</sub> の放出、還元を行った後にパティキュレートフィルタを再生するようにしているために、パティキュレートフィルタ再生

時にNO<sub>x</sub> 吸収剤からNO<sub>x</sub> が放出され、大気に排出されることを防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一の実施例を示す図である。

【図2】パティキュレートフィルタ10の拡大断面図である。

【図3】NO<sub>x</sub> の吸放出作用を説明するための図である。

【図4】図1の実施例のNO<sub>x</sub> 吸収剤の再生とパティキュレートフィルタの再生操作を示すフローチャートである。

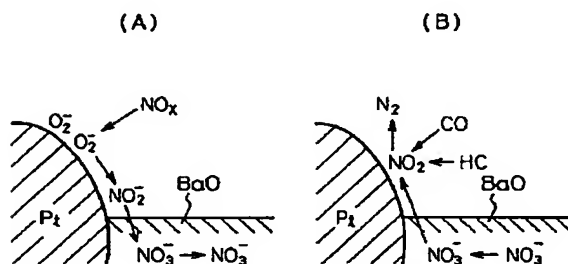
【図5】本発明の第二の実施例を示す図である。

【図6】図5の実施例のNO<sub>x</sub> 吸収剤の再生とパティキュレートフィルタの再生操作を示すフローチャートである。

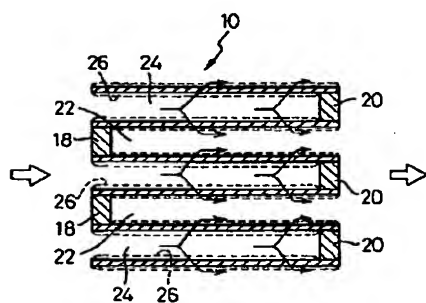
【符号の説明】

- 2…ディーゼルエンジン
- 6…排気通路
- 8…吸気絞り弁
- 9…排気切換え弁
- 10…パティキュレートフィルタ
- 12…還元剤供給装置
- 26…NO<sub>x</sub> 吸収剤

【図3】

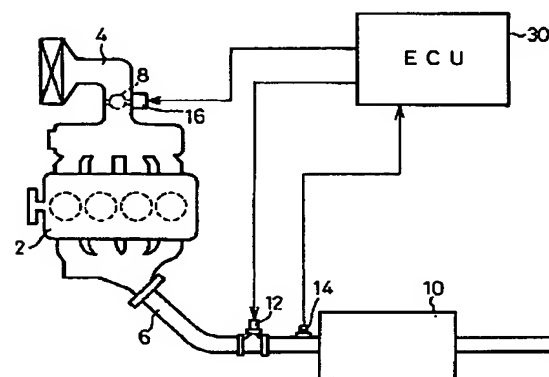


【図2】



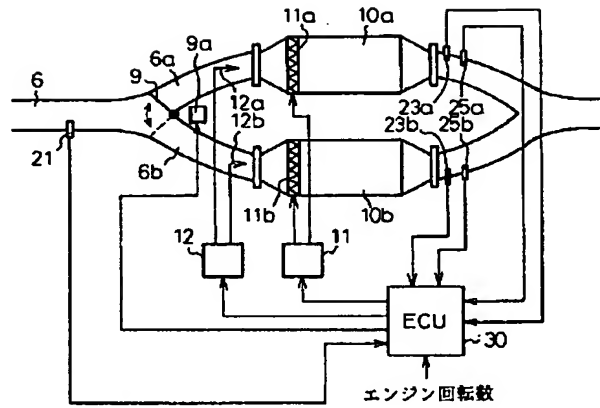
26…NO<sub>x</sub> 吸収剤

【図1】



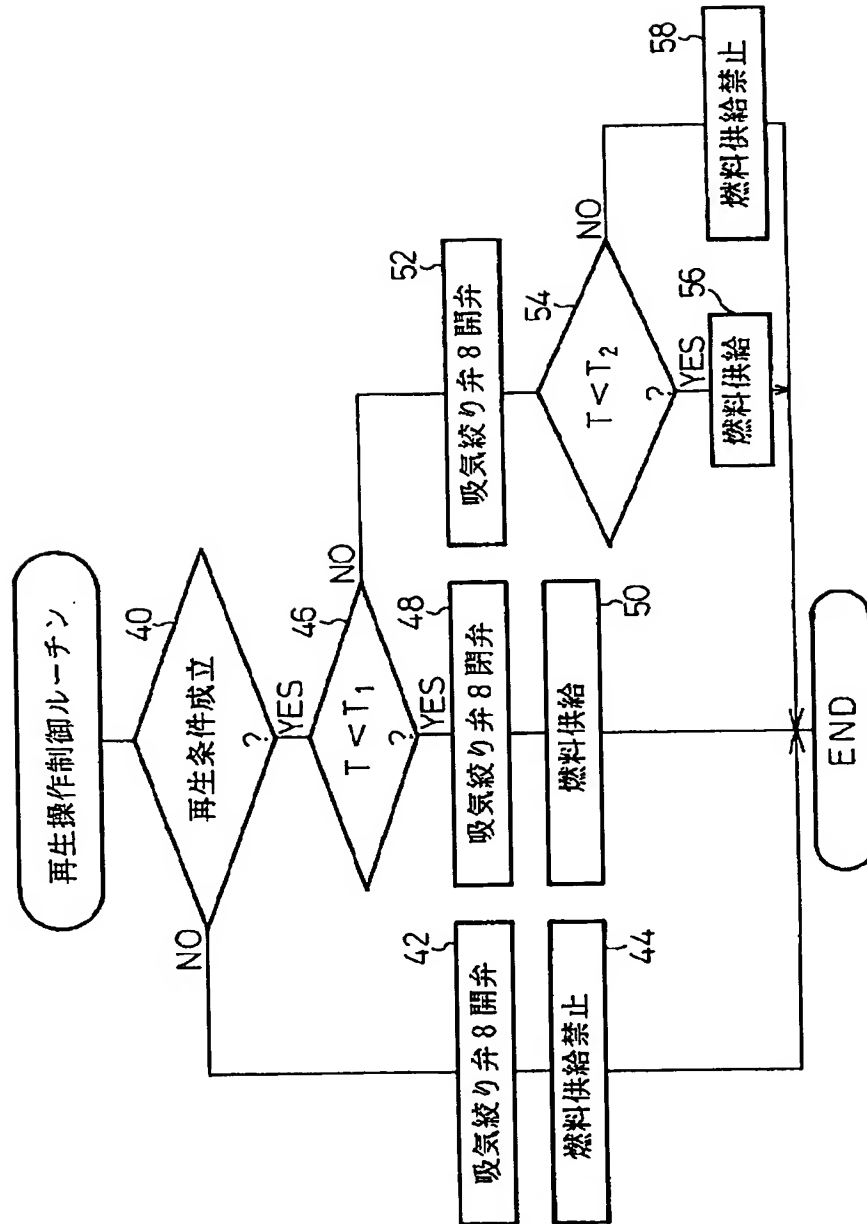
- 2…ディーゼル機関本体
- 6…排気通路
- 8…吸気絞り弁
- 10…パティキュレートフィルタ
- 12…還元剤供給装置

【図5】

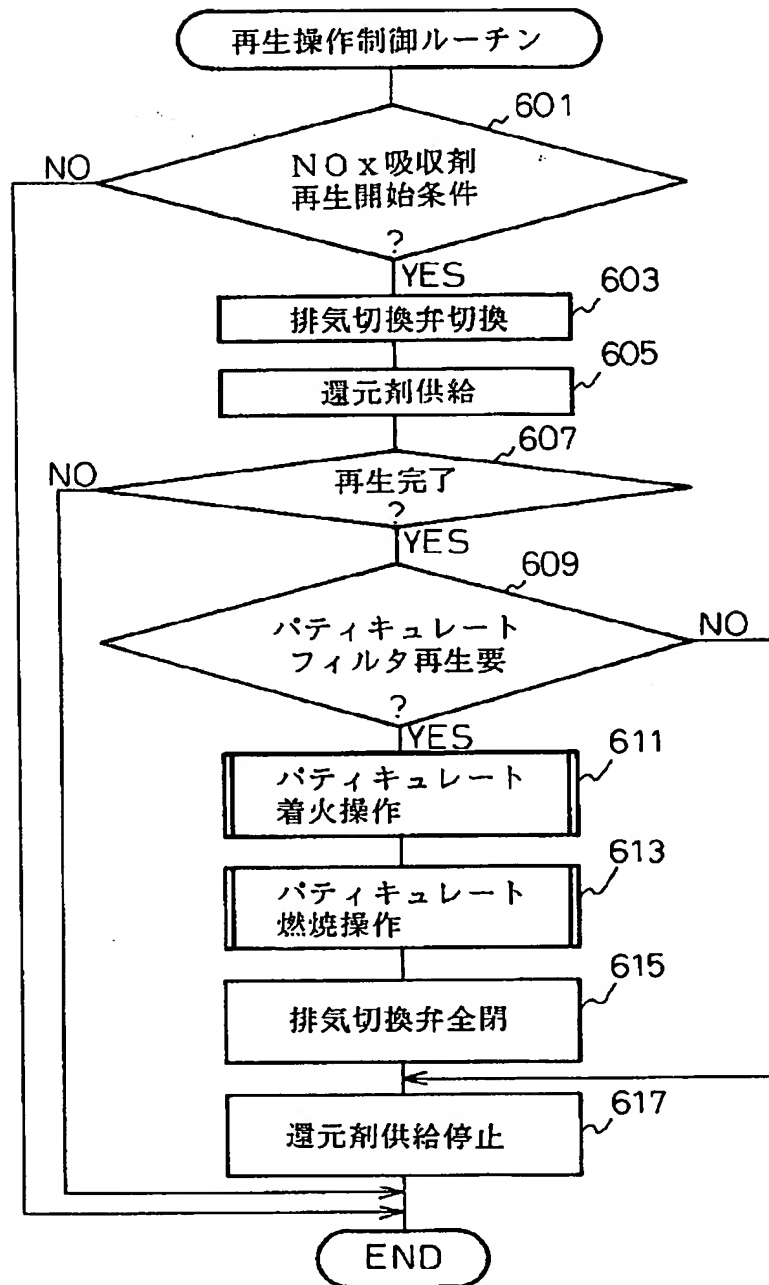


- 6…排気管
- 6 a, 6 b…分岐通路
- 10 a, 10 b…パティキュレートフィルタ
- 12…還元剤供給装置
- 30…電子制御ユニット (ECU)

【図4】



【図6】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 平3-135417 (JP, A)  
特開 昭62-106826 (JP, A)  
実開 平4-87332 (JP, U)

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**